Induksi Elektromagnetik

A. INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

- **Induksi elektromagnetik** adalah besar arus listrik yang ditimbulkan oleh perubahan medan magnet (fluks magnet).

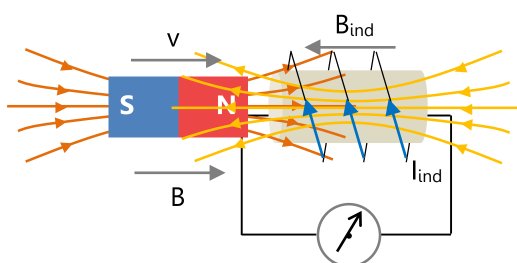
B. GAYA GERAK LISTRIK INDUKSI

- **Arus induksi** adalah arus listrik yang dihasilkan induksi elektromagnetik.
- **Gaya gerak listrik induksi** (ggl induksi) adalah tegangan yang dihasilkan oleh arus induksi.
- **Hukum Lenz** menjelaskan arus induksi.

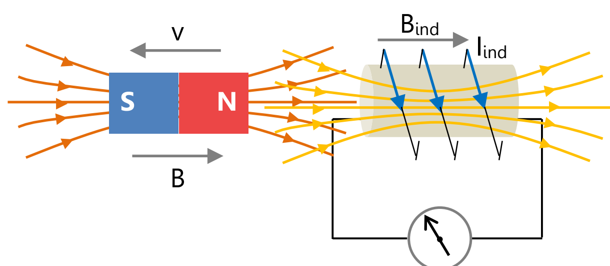
> Arus induksi yang timbul dalam kumparan menghasilkan medan magnet yang berlawanan arah dengan medan magnet yang menghasilkan arus induksi tersebut.

- **Percobaan Faraday** menjelaskan bahwa meng-gerakkan magnet keluar-masuk kumparan menyebabkan penyimpangan pada jarum galvanometer.

Masuk kumparan



Keluar kumparan



- **Hukum Faraday** menjelaskan ggl induksi ber-hubungan dengan laju perubahan fluks magnet.

> Besar ggl induksi yang timbul dalam suatu rangkaian sama dengan laju perubahan fluks magnet yang terjadi pada rangkaian tersebut.

- **Hukum Faraday** dapat dirumuskan:

$$\varepsilon = -N.\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad \varepsilon = -N.\frac{d\Phi}{dt}$$

ε = ggl induksi (V)
N = jumlah lilitan
$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ = perubahan fluks magnet (Wb)
$\Delta t = t_2 - t_1$ = perubahan waktu (s)

- **Ggl induksi** dapat dihasilkan dengan cara:
  1) Menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan.
  2) Memutar magnet di depan kumparan.
  3) Memutus-hubungkan arus listrik pada kumparan primer yang di dekatnya terdapat kumparan sekunder.
  4) Mengalirkan arus listrik AC pada kumparan primer yang di dekatnya terdapat kumparan sekunder.

- **Ggl induksi** dipengaruhi oleh perubahan laju fluks magnet, oleh karena itu, ggl induksi juga dipengaruhi:
  1) Perubahan luas bidang kumparan.

$$\varepsilon = -N.B.\cos\theta\,\frac{\Delta A}{\Delta t}$$

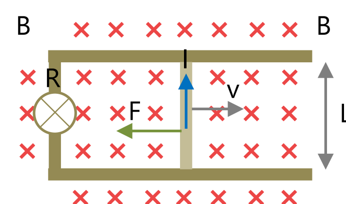
  2) Perubahan induksi magnet (medan magnet).

$$\varepsilon = -N.A.\cos\theta\,\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

  3) Perubahan orientasi sudut kumparan terhadap medan magnet.

$$\varepsilon = -N.B.A\,\frac{(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t}$$

- **Ggl induksi** dipengaruhi oleh kawat yang bergerak dalam medan magnet (mengakibatkan perubahan luas bidang kumparan).
  1) **Pada kawat bergerak lurus**



Ggl induksi

$$\varepsilon = B.L.v.\sin\theta$$

B = medan magnet (T)
L = panjang penghantar (m)
v = kecepatan gerak penghantar (m/s)
θ = sudut antara medan magnet dengan arah kecepatan (m/s)

Arus induksi

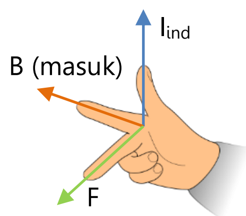
$$I_{ind} = \frac{B.L.v.\sin\theta}{R}$$

Arah arus induksi ditentukan dengan kaidah tangan kanan, dimana:



a. Gaya Lorentz berlawanan arah dengan arah kecepatan,

b. Arus induksi tegak lurus dengan arah medan magnet.



2) **Pada kawat berputar**

Ggl induksi

$$\varepsilon = \frac{1}{2}.B.\omega.L^2$$

B = medan magnet (T)
ω = kecepatan sudut penghantar (rad/s)
L = panjang penghantar (m)

Arus induksi

$$I_{ind} = \frac{1}{2}.\frac{B.\omega.L^2}{R}$$

C. INDUKTOR

- **Induktor** adalah alat penghasil medan magnet yang dapat digunakan untuk menghasilkan ggl induksi.
- **Induktor** biasanya merupakan kawat penghantar, kawat melingkar, solenoida, atau toroida.
- **Hukum Henry** menjelaskan tentang ggl induksi terhadap arus listrik.

Besar ggl induksi yang timbul sebanding dengan laju perubahan arus terhadap waktu.

- **Ggl induksi induktor (ggl induktansi diri)** menurut hukum Henry dapat dirumuskan:

$$\varepsilon = -L.\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad \varepsilon = -L.\frac{dI}{dt}$$

ε_i = ggl induksi induktor (V)
L = induktansi diri (Henry atau V.s/A atau T.m²/A)
$\Delta I = I_2 - I_1$ = perubahan kuat arus listrik (A)
$\Delta t = t_2 - t_1$ = perubahan waktu (s)

- **Induktansi diri (L)** adalah kemampuan suatu induktor dalam menghasilkan ggl induktansi diri dari laju perubahan arus listrik yang terjadi.
- **Induktansi diri** pada berbagai keadaan:

Pada kumparan

$$L = \frac{N\Phi}{I}$$

L = induktansi diri (Henry atau H)
N = jumlah lilitan
Φ = fluks magnet (Wb)
I = kuat arus listrik (A)

Pada solenoida dan toroida

Berisi udara/vakum

$$L = \frac{\mu_o.N^2.A}{\ell}$$

Berisi bahan

$$L = \frac{\mu_r.\mu_o.N^2.A}{\ell}$$

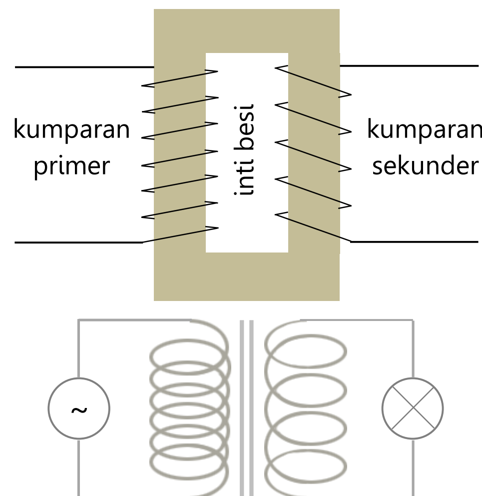
L = induktansi diri (Henry atau H)
μ_o = permeabilitas ruang hampa ($4\pi.10^{-7}$ Wb/Am)
N = jumlah lilitan
A = luas penampang (m²)
ℓ = panjang solenoida (m)
= keliling toroida = $2\pi r$ (m)

- **Energi induktor** yang tersimpan di dalamnya yang berupa medan magnet dapat dihitung:

$$E = \frac{1}{2}L.I^2$$

D. APLIKASI INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

- **Aplikasi induksi elektromagnetik** yang utama adalah transformator dan generator.
- **Transformator (trafo)** adalah alat yang digunakan utnuk menaikkan dan menurunkan tegangan listrik arus AC.
- **Komponen trafo** terdiri atas kumparan primer, kumparan sekunder, dan inti besi.



- **Cara kerja trafo:**
  1) Pada kumparan primer mengalir arus listrik AC yang berubah-ubah besar dan arahnya.
  2) Karena perubahan arus listrik pada kumparan primer, maka fluks magnet pada kumparan sekunder juga berubah-ubah.
  3) Perubahan fluks magnet pada kumparan sekunder menghasilkan ggl induksi dan arus induksi.
  4) Terjadi perpindahan daya dari kumparan primer ke kumparan sekunder.



- **Persamaan trafo** dapat dirumuskan:

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

Vp dan Vs = tegangan primer dan sekunder (V)
Np dan Ns = jumlah lilitan primer dan sekunder
Ip dan Is = arus listrik primer dan sekunder (A)

- **Efisiensi trafo** adalah presentase keidealan suatu trafo dalam menaik-turunkan tegangan, yaitu berdasarkan jumlah daya yang tidak hilang.
- **Efisiensi trafo** dapat dirumuskan:

$$\eta = \frac{P_S}{P_P} \times 100\% \qquad \eta = \frac{V_S.I_S}{V_P.I_P} \times 100\%$$

η = efisiensi trafo (%)
Pp dan Ps = daya primer dan sekunder (W)

- **Jenis-jenis trafo:**

Trafo step-up	Trafo step-down
penaik tegangan	penurun tegangan
Vs > Vp	Vs < Vp
Ns > Np	Ns < Np
Is < Ip	Is > Ip

- **Generator (dinamo)** adalah alat yang mengubah energi gerak menjadi energi listrik.
- **Komponen generator** terdiri atas kumparan berarus (rotor/berputar), magnet (stator/diam) dan cincin.
- **Berdasarkan jenis arus listrik** yang dihasilkan, generator terdiri dari:
  1) **Generator DC**, menghasilkan arus listrik DC, dan dilengkapi satu buah cincin belah (komutator).
  2) **Generator AC**, menghasilkan arus listrik AC, dan dilengkapi dua buah cincin luncur.
- **Cara kerja generator:**
  1) Usaha luar berupa energi gerak (misalnya gerakan air, udara, atau panas) memutar kumparan.
  2) Berputarnya kumparan menyebabkan perubahan fluks magnet, dan menghasilkan ggl induksi serta arus induksi.
  3) Komutator berfungsi mengubah arus listrik AC menjadi DC pada generator DC, sedangkan cincin luncur berfungsi menghasilkan arus listrik AC pada generator AC.
- **Ggl induksi** yang dihasilkan generator:

$$\varepsilon = N.B.A.\omega.\ \sin\omega t$$

ε = ggl induksi generator (V)
N = jumlah lilitan
B = medan magnet (T)
A = luas bidang kumparan (m^2)
ω = kecepatan sudut kumparan (rad/s)
t = waktu lama perputaran (s)

- **Ggl induksi maksimum** yang dihasilkan generator terjadi ketika sin ωt = 1.

$$\varepsilon_{maks} = N.B.A.\omega$$

